

4ª EPOCA • NÚM. 194-MAR/ABR 2014 • REVISTA TÉCNICA DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA

**ESPECIAL
SMART
MOBILITY**

Especificación de arquitecturas ITS. La experiencia del proyecto FOTsis

*An ITS architecture specification.
The FOTsis project experience*

Jorge ALFONSO KURANO

Nuria SÁNCHEZ ALMODÓVAR

José Manuel MENÉNDEZ

Universidad Politécnica de Madrid (Madrid 28040)

Emilio CACHEIRO

OHL Concesiones (Madrid 28046)

RESUMEN

El constante desarrollo reciente de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) Cooperativos ha resultado en diferentes iniciativas que se centran en distintos aspectos del entorno. El proyecto Europeo FOTsis perteneciente al Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea (FP7) gira alrededor de la infraestructura del entorno del transporte por carretera. El proyecto tiene como objetivos básicos desplegar y validar 7 servicios que han sido diseñados para maximizar los beneficios de la integración de diferentes entidades basadas en la infraestructura en el paisaje ITS: el operador de infraestructura y proveedores de datos externos, entre otros.

Este artículo describe el estado actual del proyecto, destacando la especificación de la arquitectura ITS que lo sustenta: referencias, una breve reseña a la definición de los requisitos de los servicios, y finalmente la propuesta de arquitectura FOTsis, junto con algunas conclusiones sobre las pruebas realizadas sobre la arquitectura propuesta. Al final del artículo se da una visión general de los próximos pasos en el proyecto.

Palabras clave: Transporte, Sistema Inteligente de Transporte ITS, Prueba Operacional de Campo (FOT), Comunicación, ITS Cooperativo, Servicio ITS, Arquitectura ITS.

ABSTRACT

The recent continuous development of Cooperative ITS has resulted in several initiatives which focus on different parts of the Cooperative environment landscape. The FOTsis project focuses on the infrastructure side of the Cooperative environment and will deploy and test 7 services designed to maximise the benefits of the integration of the road operator and infrastructure-based information providers into the ITS environment.

This article describes the current status of the project and focuses on the specification of the supporting architecture to the services tested: references, a brief outline of the requirements' definition, and the FOTsis architecture proposal, with some conclusions about the architecture tests conducted. The outlook on the project's next steps is given in the last section of the article.

Key words: Transportation, Intelligent Transportation System ITS, Field Operational Test (FOT), Communication, Cooperative ITS, ITS service, ITS architecture.

ANTECEDENTES

Las nuevas tecnologías de comunicaciones abren posibilidades ilimitadas a la generación de nuevos servicios en prácticamente cualquier ámbito de la sociedad. Con la irrupción en los últimos años, primero del concepto, y posteriormente del despliegue práctico de las comunicaciones entre vehículos y entre éstos y la carretera, la dificultad para el transporte por carretera no es ya tanta una de posibilidades como lo es de la selección adecuada del marco de diseño y de las tecnologías para la consecución de los objetivos que se persiguen. Se debe prestar especial atención, pues, a las condiciones que permitan desarrollar un marco de desarrollo y despliegue estable y coherente que a su vez asegure la homogeneidad en la implementación y provisión de servicios, tanto para los usuarios como para los propios proveedores de servicios.

Es en este sentido que quizás se podría decir que la fuerza motora que dicta los requisitos para las arquitecturas que soportan los servicios avanzados de transporte por carretera se ha desplazado de un ámbito puramente tecnológico a áreas más cercanas a la *calidad de servicio* y *calidad de experiencia*. Hoy en día se tiene un mayor conocimiento sobre las necesidades y requisitos de los usuarios y sobre cómo especificar y diseñar sistemas que permiten mejorar la experiencia del servicio por parte de un usuario cumpliendo con dichos requisitos. Los servicios ITS (sistemas de transporte inteligente) son una de las iniciativas tangibles del avance en las soluciones tecnológicas que tienen el objetivo de cumplir con los requisitos de los usuarios.

1. Servicios ITS

El concepto de servicio ITS ha ido evolucionando a medida que las tecnologías también han avanzado, ampliando las posibilidades de los servicios. Desde un punto de vista técnico se podrían definir los servicios ITS como una agregación de aplicaciones que hacen uso de información y de tecnologías avanzadas de sensorización, procesamiento de datos y comunicaciones en el ámbito del transporte en superficie. Aunque en un principio se encontraban restringidos al transporte por carretera, el concepto se aplica hoy en día a otros modos de transporte por superficie, como *aquellas funcionalidades propor-*

cionadas a los usuarios del transporte por superficie diseñadas para hacer este transporte más seguro, más sostenible, eficiente y cómodo^(N).

2. El proyecto FOTsis

Existen diversas maneras de realizar el diseño de servicios ITS, dependiendo de quiénes son los usuarios finales, cuáles son las fuentes de datos disponibles, o cuáles son los medios para notificar y hacer llegar la información procesada a los usuarios, por ejemplo. El esfuerzo actual dentro de los servicios ITS cooperativos se centra sobre todo en las entidades móviles del entorno de la carretera, con lo que se impulsan particularmente los conceptos relacionados con las comunicaciones entre vehículos, el desarrollo de sensores y dispositivos embarcados, y en general unas pautas de diseño muy orientadas al vehículo.

Sin embargo, existen otros factores que deben tenerse en cuenta a la hora de considerar futuros desarrollos en servicios ITS. Uno de ellos es la creciente importancia de las ideas de multimodalidad e intermodalidad en el transporte, que requieren una concepción distinta de recolección de datos que la que se utiliza en entornos de transporte por carretera. Otro factor tiene un carácter más pragmático; los operadores de carretera tienen a su disposición un gran número de recursos de distinto tipo que tal vez no están aprovechados al máximo en el marco de los actuales servicios.

El *proyecto FOTsis* se centra en el segundo de estos factores y se desarrolla alrededor de la idea general de impulsar la integración e involucración de la infraestructura de carretera en todas las etapas de la provi-

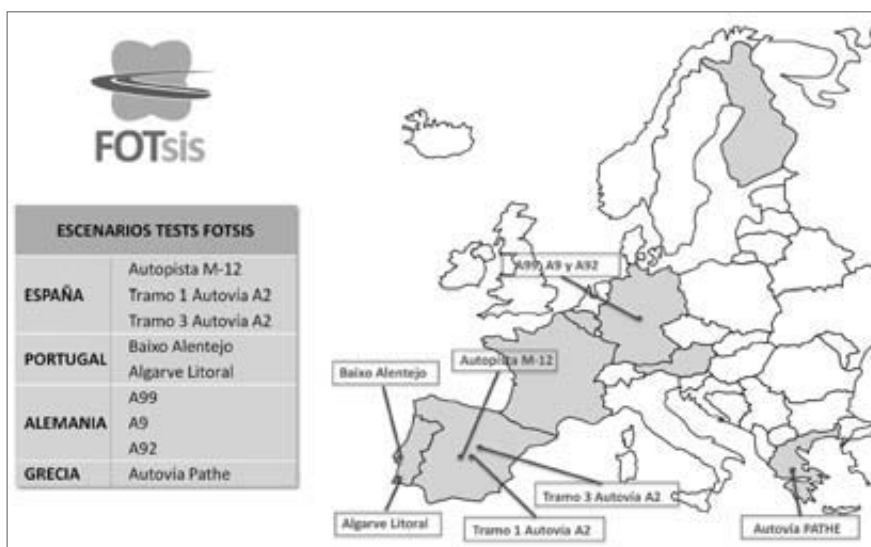


Figura 1. Países y escenarios de prueba del proyecto FOTsis.

sión de servicios ITS. Específicamente, FOTsis tiene como uno de sus objetivos principales evaluar la capacidad de la infraestructura de carretera para incorporar las últimas tecnologías de comunicaciones cooperativas. Esta evaluación se realizará en 9 escenarios de prueba en 4 países, como puede verse en la Figura 1, mediante un conjunto de 7 servicios orientados a la mejora en la seguridad vial y la eficiencia en la movilidad:

- Servicio 1: Gestión de emergencias,
- Servicio 2: Gestión de incidentes de seguridad,
- Servicio 3: Control inteligente de la congestión,
- Servicio 4: Planificación dinámica de rutas,
- Servicio 5: Seguimiento de vehículos especiales,
- Servicio 6: "Enforcement" avanzado, y
- Servicio 7: Evaluación de seguridad en la infraestructura.

En la primera etapa de definición de la arquitectura FOTsis, la naturaleza variada de los servicios y sus distintos requisitos y necesidades en términos de adquisición de datos, procesado y notificación de mensajes a los usuarios correspondientes, se tienen en cuenta para elaborar un conjunto de requisitos de la arquitectura.

En una etapa posterior al despliegue de los servicios, se procederá a su evaluación, analizando el impacto de los mismos en las áreas de movilidad, seguridad vial y sostenibilidad. Aunque se puede considerar que algunos servicios pueden aportar mejoras especialmente en una de éstas áreas, todos los servicios se evaluarán para todas ellas.

LA ARQUITECTURA FOTsis

1. El entorno FOTsis

Es importante destacar el hecho de que la visión de FOTsis de los servicios ITS integra un número de entidades, cada una de las cuales con su papel en la provisión del servicio. Uno de los objetivos de FOTsis es el establecimiento del marco adecuado para que los servicios pue-

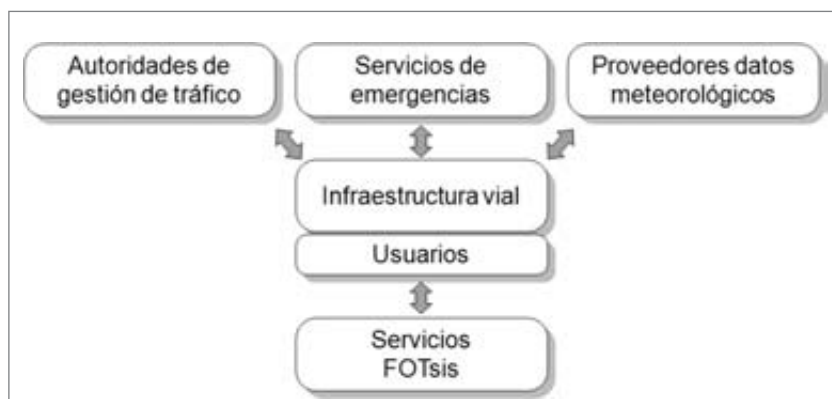


Figura 2. Entorno FOTsis simplificado.

dan sacar el mayor partido posible a la inclusión de estas entidades en el entorno de los servicios. Enumeradas en la Figura 2, además del usuario de carretera y el operador de la vía, algunas de estas entidades pueden ser los centros de gestión de tráfico, los servicios y autoridades de gestión de emergencias, o los proveedores de datos meteorológicos, entre otros.

El diseño de la arquitectura y la correspondiente propuesta de despliegue deben tener en cuenta las relaciones con estas entidades. Los requisitos para la especificación de estas relaciones incluyen no solamente aspectos técnicos (conexión física entre entidades, interconexión de entornos de red, procedimientos de intercambio de datos, etc.) sino también aspectos administrativos (autorizaciones, requisitos de protocolos y procedimientos operativos rutinarios, etc.).

2. La arquitectura de comunicaciones FOTsis

La base de la arquitectura FOTsis en términos de comunicaciones es la denominada Arquitectura de Referencia de la Estación ITS^(m). La arquitectura de Estación ITS, cuyo diagrama se puede ver en la Figura 3 a), proporciona un marco de comunicaciones y una metodología de despliegue que permite asegurar la interoperabilidad entre distintas iniciativas de servicios y sistemas cooperativos.

Los diferentes elementos de la arquitectura de referencia se seleccionan y combinan según las necesidades y requisitos de los servicios FOTsis, tomando como punto de partida un esquema de conectividad básica, que cuenta con un enlace directo entre el centro de control de la autopista y el vehículo, y otro enlace de corto alcance entre los dispositivos de comunicaciones en el margen de la vía y el vehículo. Añadiendo los enlaces básicos con entidades externas, el diagrama resultante de escenarios de conectividad se puede ver en la Figura 3 b).

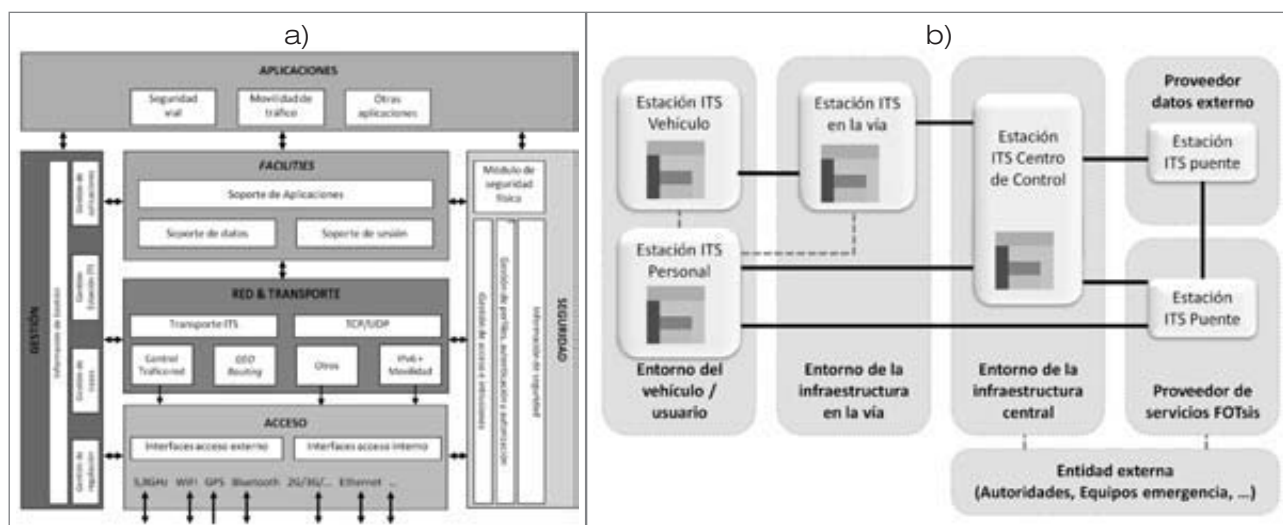


Figura 3 a) Estructura general de la arquitectura de referencia. b) Escenarios de conectividad básicos de la arquitectura FOTsis.

3. Requisitos de los servicios FOTsis: parámetros preliminares

La definición de las especificaciones de la arquitectura FOTsis comienza con la especificación de los requisitos de los servicios, básicamente en términos de comunicaciones. Se presta especial atención al enlace entre usuarios de la vía y la infraestructura, dada su importancia crítica: es el primer paso en la adquisición de datos de los usuarios y de los vehículos para los servicios (y para la propia evaluación en FOTsis), y es el último paso en la notificación de información de servicio a los usuarios.

Los parámetros que se utilizan para la especificación de los requisitos de los servicios se dividen en principio en 2 tipos:

- Aquéllos relacionados con el enlace de comunicaciones desde el vehículo a la infraestructura. Algunos de estos aspectos pueden ser el nivel de seguridad que se desea para las comunicaciones, o la prontitud con la que se debe notificar un incidente al sistema o a un usuario, por ejemplo.
- Por otra parte, se pueden especificar otros parámetros más generales para los servicios, como por ejemplo el volumen total de datos que manejan, o el alcance de un determinado paquete de información.

El primer tipo determinará las soluciones tecnológicas del proyecto, mientras que el segundo se utilizará para establecer aspectos de operativa para las soluciones implementadas.

Adicionalmente se pueden considerar otros requisitos que resultan relevantes, pero que están fuera del ámbito propio de un servicio en concreto. Estos requisitos se

extraen de los objetivos generales del proyecto FOTsis, y en particular de la evaluación de la capacidad de la infraestructura de ofrecer diferentes servicios avanzados de tráfico a los usuarios y vehículos.

Los diferentes escenarios operativos que surgen de este objetivo básico no sólo imponen requisitos en los aspectos más técnicos de la adquisición, procesado y notificación de información, sino también en los aspectos operativos de la gestión de los servicios mismos y de sus recursos, resultando en la estructuración de una plataforma que debe incluir diversas funcionalidades:

- Gestión de servicios: publicación, inicio/parada, actualización/eliminación o gestión de configuraciones.
- Gestión de usuarios: gestión de identificadores, procedimientos de suscripción/registro, etc.
- Gestión de sesiones: gestión de recursos de comunicaciones, por ejemplo.

Finalmente, se puede hablar de requisitos en relación con los enlaces con las entidades externas al entorno FOTsis, como pueden ser los proveedores de datos externos o los servicios de emergencia. Desde el punto de vista de la arquitectura, la especificación de estos enlaces deriva principalmente en requisitos para el intercambio de datos entre las entidades a nivel de aplicación.

PROPUESTA DE DESPLIEGUE DE ARQUITECTURA FOTsis

En el caso de los servicios FOTsis, los requisitos identificados en términos de los parámetros enunciados



Foto 1. Punto de acceso IEEE 802.11p.

anteriormente han resultado en una propuesta tecnológica que se puede resumir en las siguientes líneas básicas.

Como tecnologías básicas de comunicaciones, se opta por el uso combinado de redes de datos de telefonía móvil para comunicaciones de largo alcance. Para enlaces de corto alcance, entre vehículos y dispositivos a pie de vía, se recurre a la tecnología denominada IEEE 802.11p (ver Foto 1). Se trata de una evolución de las redes WiFi que se encuentran actualmente ampliamente desplegadas, pero preparada especialmente para entornos vehiculares, donde los dispositivos se mueven a gran velocidad y están disponibles sólo unas pocas decenas de segundos cada vez. Dentro del proyecto FOTsis, se explotan las características avanzadas de 802.11p para proporcionar una serie de funcionalidades como el seguimiento de vehículos y la provisión de datos locales de precisión a los vehículos.

Las tecnologías de red de comunicaciones son aquellas que permiten hacer llegar la información entre un emisor y un receptor remoto, y con independencia de los enlaces intermedios que existan entre ellos. Podría ser el equivalente a los elementos que permiten que una carta llegue a su destino sólo con la dirección de envío, sin que

el remitente tenga que saber por qué oficinas intermedias de correo pasa. Existen en la actualidad diversas aproximaciones a esta problemática, pero FOTsis opta por una solución ampliamente adoptada en el mundo, como es la tecnología Internet IP. Establecida hace ya varias décadas, es la tecnología en la que se basan los servicios de Internet y sobre la que se han implementado la mayoría de los sistemas de comunicaciones de las empresas y organismos públicos.

IP incluye extensiones ya probadas para movilidad^(vi) (ix)(x) y seguridad^(xiii), así como la capacidad para integrarse en otras iniciativas de sistemas cooperativos en la capa de red como *GeoNetworking*, tecnología de red que encamina la información según parámetros geográficos^(v). FOTsis profundiza en los últimos desarrollos de la versión 6 de IP (IPv6) en las diferentes áreas mencionadas, utilizando no sólo el conocimiento de los propios socios del proyecto, sino de manera destacada a través de una colaboración con el proyecto FP7 ITSSv6, que tiene como objetivo principal precisamente el análisis, implementación y validación de estándares de la Estación ITS relacionados con IPv6^(vii).

PRUEBAS PILOTO DE ARQUITECTURA

Ya se han llevado a cabo pruebas piloto para validar la propuesta de arquitectura, con resultados satisfactorios en cuanto al intercambio de datos de extremo a extremo en IP desde dispositivos embarcados en el vehículo, hasta el proveedor de servicio remoto. Estas pruebas confirman la validez de las comunicaciones entre los vehículos y la infraestructura planteadas con 802.11n/802.11p y 3G, asentando así la propuesta de arquitectura de comunicaciones realizada en FOTsis en relación a las tecnologías de comunicaciones básicas en cuanto a capacidad, tiempos de respuesta y gestión de movilidad, entre otras.

La configuración de la arquitectura de red para el piloto se realiza con un equipo que hace las veces de centro de gestión de comunicaciones de tráfico, y una serie de equipos desplegados en el centro de control y en los vehículos que se encargan de la gestión de los usuarios de la vía y de asegurar una comunicación ininterrumpida entre un determinado servicio y estos usuarios que se encuentran circulando por la autopista. Las comunicaciones cuentan con el soporte de 3G y puntos de acceso WiFi/802.11p, verificándose que todos los mensajes llegaban correctamente hacia y desde el centro de gestión de comunicaciones, con independencia de la tecnología de radio empleada (Figura 4).

El objetivo final de los pilotos es evaluar las prestaciones de los enlaces extremo a extremo de la arquitectura, como pueden ser el enlace de los usuarios de la vía a los proveedores de servicio, o desde los proveedores externos de datos a los proveedores de servicio. Las pruebas realizadas sobre estos enlaces incluyen pruebas básicas de conectividad para los diferentes segmentos de la cadena a diferentes niveles de la arquitectura (acceso desde los dispositivos embarcados al centro de control de la infraestructura, desde los dispositivos embarcados hasta el equipo de gestión de movilidad a nivel de red, o desde la aplicación FOTsis en el "smartphone" del usuario hasta el servidor de aplicación del proveedor de información, por ejemplo). Otras pruebas más exhaustivas sirven para evaluar las prestaciones de estos enlaces en diferentes condiciones.

1. Resultados de las pruebas piloto

Las pruebas realizadas hasta ahora han resultado satisfactorias en los aspectos de la arquitectura de comunicaciones desplegada. Los enlaces establecidos cumplen con los requisitos de los servicios en una variedad de

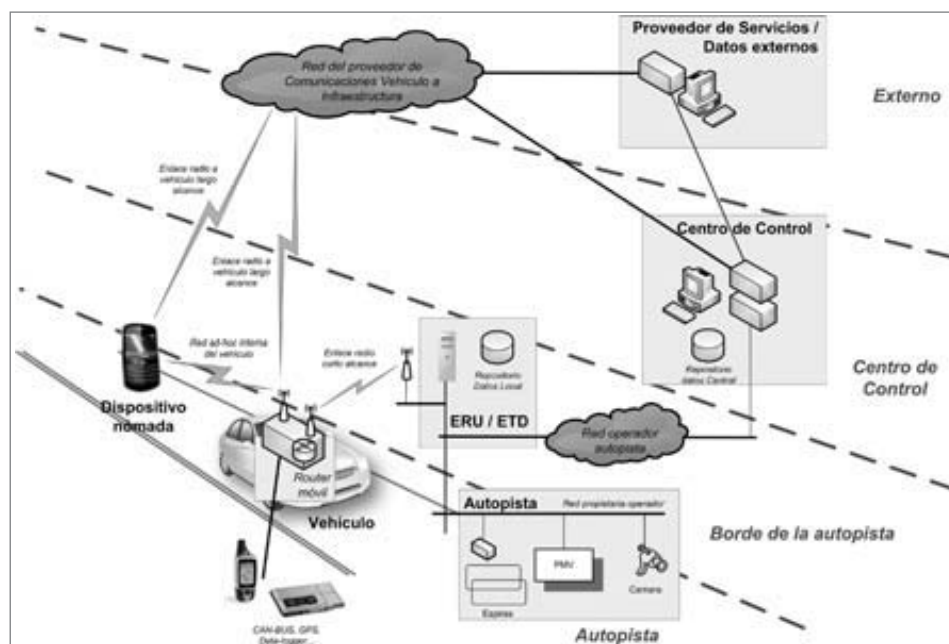


Figura 4. Despliegue del piloto general de arquitectura FOTsis.

condiciones de uso diferentes y se ha probado con éxito asimismo la interoperabilidad entre equipos de distintos fabricantes.

Los servicios FOTsis están diseñados para hacer uso de las tecnologías radio disponibles. El despliegue de puntos de acceso de corto alcance, tales como las áreas IEEE 802.11p, hace posible mejorar el nivel de servicio ofrecido a los usuarios, y proporcionar beneficios específicos incluso a los proveedores de servicio. En los tramos en los que estos puntos de acceso no están disponibles, los servicios pueden seguir operando con tecnologías

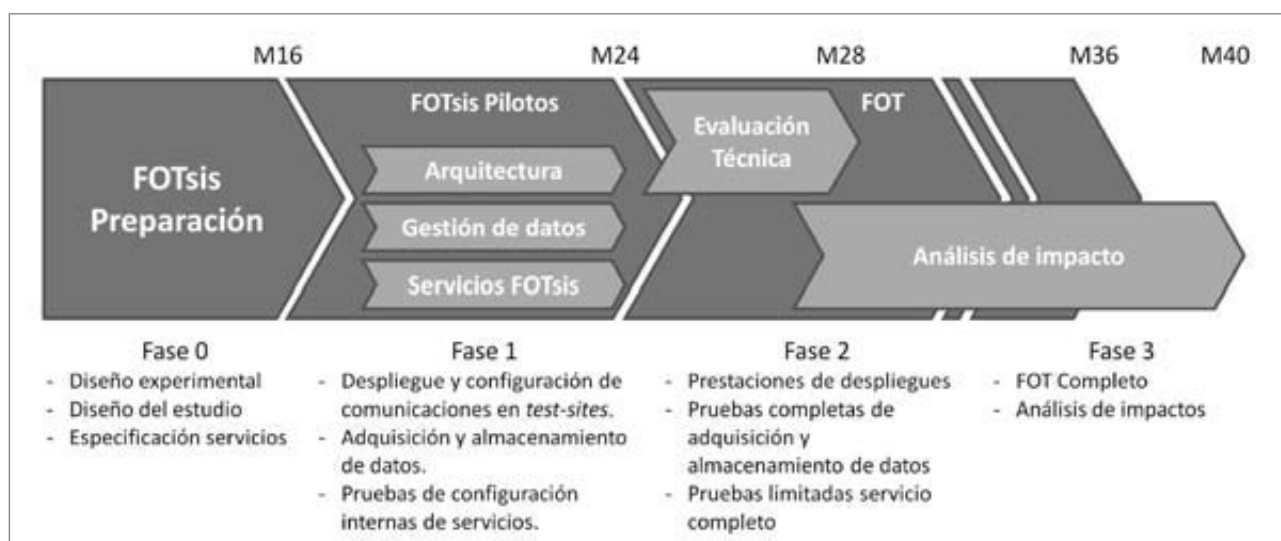


Figura 5. Fases principales actuales del proyecto FOTsis.

de largo alcance como 3G y seguir ofreciendo a los usuarios de la vía básicamente las mismas funcionalidades.

SERVICIOS FOTsis Y ARQUITECTURA

La arquitectura de comunicaciones no es más que el marco de soporte para las aplicaciones, que son las que en última instancia deben contribuir a la mejora en la eficiencia de la movilidad, seguridad vial y sostenibilidad medioambiental. Los siguientes pasos en el proyecto, una vez que la arquitectura se ha especificado e implementado, son el despliegue de los propios servicios y su evaluación en términos de los tres campos enunciados.

FOTsis recoge datos en las pruebas preliminares de servicio y de las pruebas de usuario. Estos datos se analizan para evaluar en qué medida los servicios diseñados cumplen con los objetivos planteados. Los datos recogidos incluyen tiempos de viaje, niveles de servicio, número de incidentes, condiciones meteorológicas, tipo de conducción y reglas aplicables en el tramo, entre muchos otros, para permitir un análisis lo más detallado posible de las prestaciones de las aplicaciones.

Experiencias previas ya han demostrado que los servicios basados en infraestructura pueden desplegarse satisfactoriamente y que bajo ciertas circunstancias su contribución a los objetivos de movilidad es muy positiva^(VIII). FOTsis ofrece la oportunidad de consolidar estos resultados preliminares y los desarrollos asociados en un entorno completamente diferente, con un número mayor de usuarios y en general un alcance más ambicioso, tal y como se ha descrito en este documento.

SIGUIENTES PASOS Y PROYECCIÓN MÁS ALLÁ DE FOTsis

Al mismo tiempo que se recogen datos de los vehículos, usuarios e infraestructura, se inician en FOTsis las acti-

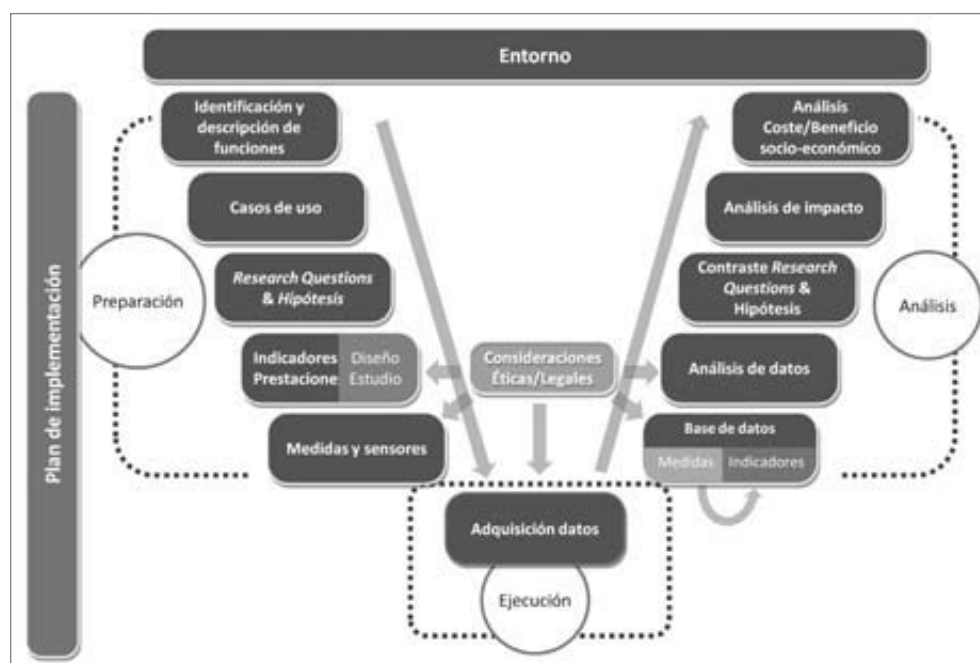


Figura 6. Pasos típicos en el desarrollo de un FOT (Fuente: FOT-Net. FESTA Handbook V4).

vidades de evaluación de prestaciones de los servicios (Figura 5). Una de las razones es que los procedimientos de evaluación en un proyecto complejo como FOTsis son a su vez complejos por sí mismos. El análisis debe incluir tanto datos objetivos sobre los servicios, vehículos, viajes de los usuarios y todos los datos adicionales posibles que rodean a los eventos relacionados, como datos subjetivos que complementen esta información objetiva.

En este contexto, los procedimientos de reclutamiento de participantes y la recolección de datos de los participantes son una etapa crítica del proyecto. FOTsis trabaja estrechamente con asociaciones de conductores locales para asegurar que el reclutamiento de los participantes cumple con los requisitos del proyecto (ver Figura 6).

Los procedimientos de análisis dependen de la naturaleza del parámetro analizado y el objetivo que se busca: eficiencia de movilidad, seguridad vial o sostenibilidad, pero siempre se siguen las consideraciones especificadas en una etapa anterior del proyecto en forma de "Research Questions" (RQs) e "Hypotheses" (HYs)^(II). Estas RQs y HYs son enunciados más específicos que facilitan dirigir el análisis para la obtención de resultados más directos, lo cual a su vez permite la definición más sistemática de procedimientos de pruebas, recolección de datos, análisis de impacto y el análisis final de los servicios (ver Tabla 1).

El análisis en FOTsis incluye obviamente aspectos relacionados directamente con las tres áreas principales

CATEGORÍA RQ	CLAVE	"RESEARCH QUESTION"
Número de accidentes	R01	¿Se modifica el número de incidentes?
	R02	¿Se modifica la gravedad de los accidentes?
Tiempo de viaje	R05	¿Se modifica el tiempo de viaje?
Intensidad de tráfico	R06	¿Varía la intensidad de tráfico?
Flujo de tráfico	R08	¿Varían las condiciones de tráfico?
Condiciones meteorológicas	R11	¿Se produce algún cambio en condiciones meteorológicas adversas?
Factores humanos	R13	¿Aceptan los usuarios las recomendaciones del servicio?
Gestión de recursos	R24	¿Varía el número de vehículos de emergencia sin asignar?
	R25	¿Varían los tiempos de respuesta de los servicios de emergencia?
Diseño infraestructura	R27	¿Mejora la identificación de puntos peligrosos de la vía?

Tabla 1. Ejemplos de "Research Questions" para el análisis del impacto en la seguridad en FOTsis.

de impacto y sus objetivos, pero también aspectos que tienen que ver con la experiencia de usuario y su grado de aceptación de los servicios, así como otros relacionados con el impacto que tienen en el comportamiento del usuario. El resultado de los análisis en estas áreas podría ser la base de una serie de líneas de trabajo futuras alrededor de la idea de que los requisitos actuales de los servicios se pueden enfocar de forma mucho más orientada a los usuarios y a su experiencia de servicio^(XIV), con el objetivo último adicional a los ya mencionados de mejora en la eficiencia de la movilidad, seguridad y sostenibilidad, de maximizar el impacto de cualquier servicio en estas áreas adaptando los servicios a las circunstancias y condiciones particulares en las que se presta en un momento dado.

Así, las "Research Questions" son sólo la base para el análisis de impacto que se realiza en la etapa posterior. Este análisis de impacto realiza una evaluación combinada de diferentes datos para determinar de la manera más detallada posible el impacto de los servicios, en términos de la reducción en incidentes primarios y secundarios, la reducción del riesgo de viaje, o la mejora en la eficiencia en la gestión de recursos de emergencia, por mencionar algunas directamente relacionadas con la seguridad vial.

De todas maneras, se aplicarán en el análisis de impacto diferentes metodologías. Algunas de estas metodologías se han demostrado más eficaces en su aplicación al análisis de impacto en términos de seguridad, como es el caso de los métodos desarrollados en los proyectos eIMPACT y CODIA, que basa el análisis en una serie de suposiciones sobre las características técnicas y funcionales de los sistemas, así como sus costes y escenarios y despliegues^(XII). Otra alternativa es la que se utiliza en

el proyecto TeleFOT, basado en el uso de métodos estadísticos aplicados a cantidades significativas de datos para la verificación de "Research Questions" e "Hypotheses"^(XI).

Finalmente, otro punto importante para la evaluación en FOTsis es comprobar la influencia que pueden tener las diferencias regionales en términos de marco regulador y protocolos de intercambio de datos entre entidades públicas y privadas en el despliegue de servicios ITS complejos que requieren de la integración de un número de actores heterogéneos. El proyecto FOTsis ofrece una oportunidad única de identificar los riesgos que existen a nivel técnico así como a nivel funcional y administrativo a la hora de desplegar servicios avanzados ITS en diferentes entornos regionales, y tal vez de elaborar los procedimientos necesarios para minimizar los impactos de dichos riesgos.

CONCLUSIONES

Los servicios ITS cooperativos tienen el objetivo final de hacer uso de tecnologías avanzadas de comunicaciones para mejorar el transporte en superficie en términos de eficiencia de la movilidad, seguridad y sostenibilidad. Con el fin de alcanzar estos objetivos, los servicios ITS deben integrar y procesar información procedente de diversas fuentes para poder tener en todo momento la visión más completa y precisa posible del entorno de transporte y de los usuarios que se encuentran en dicho entorno. El proyecto FOTsis se centra en la parte de infraestructura del entorno para tratar de aprovechar al máximo su potencial como uno de los elementos claves de la carretera; como recolector de datos, procesador de datos, y actuador.

FOTsis incluye 7 servicios diseñados en torno a la infraestructura y que previsiblemente permitirán mejorar significativamente la situación actual en las áreas de movilidad eficiente, seguridad y sostenibilidad. La arquitectura que soporta estos servicios ya se ha diseñado y probado con éxito, cumpliendo con los requisitos identificados y adicionalmente impulsando desarrollos específicos como el uso de comunicaciones avanzadas basadas en tecnología 802.11p en enlaces de corto alcance.

Durante la ejecución de FOTsis, se recogen datos para poder evaluar las prestaciones de los servicios y verificar hasta qué punto se alcanzan los objetivos planteados por el proyecto. Para realizar este análisis es necesario recoger toda la información posible acerca de cualquier evento que pueda tener relación con las operaciones de cualquier servicio y las condiciones en las que se encuentran todas las entidades involucradas en dichas operaciones.

Pero la recolección de datos sólo es el primer paso para la evaluación de las prestaciones de los 7 servicios FOTsis y analizar hasta qué punto se alcanzan los objetivos del proyecto en relación a las áreas de impacto de movilidad, seguridad y sostenibilidad. La evaluación del impacto de servicios ITS cooperativos es una tarea especialmente compleja, y FOTsis la abordará utilizando diferentes métodos, algunos de carácter más estadístico, otros de tipo más analítico, para asegurarse de que todos los resultados de los análisis permiten extraer unas conclusiones sólidas.

Aún con el análisis detallado que se realiza en FOTsis, todavía hay algunas áreas que tienen un interés potencial y que, aunque consideradas de forma básica en el proyecto, ofrecen vías de trabajo para el futuro. Algunas de estas áreas pueden ser el análisis del impacto que los servicios ITS tienen en la sociedad en su conjunto, y cómo hacer que este impacto se pueda maximizar a través de los usuarios individuales, o la identificación precisa de todos los riesgos asociados a las regiones de despliegue de servicios ITS, y cómo minimizar estos riesgos a través de esfuerzos de armonización y estandarización de los diferentes aspectos de estos desarrollos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto FOTsis, financiando en parte por la Comisión Europea en el contexto del 7º Programa Marco (FP7) para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico ("Grant Agreement" No. 270447).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- I. Alfonso, J. (2012) "Driving standards", Traffic Technology International, October/November 2012, 52-53.
- II. FOT-NET. (2011) FESTA "Handbook, Version 4". Retrieved from <http://www.its.leeds.ac.uk/festa/downloads/>
- III. ISO 21217:2010: "Intelligent Transport Systems – Communications access for land mobiles (CALM) – Architecture".
- IV. ISO/DTR 17465-1 (2012): "Intelligent transport systems – Terms, definitions and guidelines for Cooperative ITS standards documents – Part 1: Part 1: Terms, definitions and outline guidance for standards documents".
- V. ETSITS102 636-6-1V1.1.1: "Intelligent Transport Systems (ITS) - Vehicular Communications – GeoNetworking - Part 6: Internet Integration - Sub-part 1: Transmission of IPv6 Packets over GeoNetworking Protocols".
- VI. IETF Network WG (2010): RFC 5944: "IP Mobility Support for IPv4, Revised".
- VII. "ITSSv6 Presentation" (n.d.) consultada en Enero 2013 en <http://project.inria.fr/itssv6/>
- VIII. Mejía, A. B., Torres, J., Alfonso, J., Menéndez, J. M. and Merle, L. (2012, April) "Gestión de la movilidad en OASIS. Integración de servicios para la gestión de tráfico en una arquitectura de comunicaciones" V2I I2V. XII Congreso Español ITS, Madrid, Spain.
- IX. IETF Network WG (2011): RFC 6275: "Mobility Support in IPv6".
- X. IETF Network WG (2005a): RFC 3963: "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol".
- XI. TeleFOT (2010) Deliverable 4.3.1 – "Safety Data Analysis Plan Version 4".
- XII. Kulmala, R.; Rämä, P.; Sihvola, N. (2008, October) "Safety Impacts of cooperative systems. 21st ICTCT Workshop Proceedings, Riga, Latvia, 2008".
- XIII. IETF Network WG (2005b): RFC 4301: "Security Architecture for the Internet Protocol".
- XIV. Alfonso, J.; Torres, J.; Menéndez, J.M. (2011, Junio) "Towards a user goals-based multilayered architecture". 8th European ITS Congress, Lyon, Francia. 